

臺北市立大安高級工業職業學校

電子科

專題報告

高低音可調式功率放大器

High and low sound adjustable power
amplifier

學生 組長：楊德修

組員：張仕叡

組員：黃稚翔

組員：葉庭維

指導老師：張洧

中華民國 109 年 1 月

中文摘要

生活需要音樂，可是聽好聽的聲音，當然需要一個好的音響設備，因此，我們專題打算了解音響的工作原理，並用高二所學的 OPA 和其他電子元件製作前後級放大器，並且可以根據自己喜好調高低音、大小聲和提升音樂品質。

英文摘要

Life needs music, but to listen to good sounds, of course, you need a good sound equipment. Therefore, we plan to understand the working principle of sound, and use OPA and other electronic components learned in high school to make pre- and post-amplifiers. high and low, the size and improve the sound quality of the music.

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
目錄.....	III
表目錄.....	IV
圖目錄.....	V
第一章 前言 (概論/緒論).....	1
1-1 專題製作目的及背景.....	1
1-2 預期成果.....	1
第二章 理論探討.....	1
2-1 理論介紹.....	1
2-1-1 擴大機的種類.....	1
2-1-2 擴大機工作類別.....	5
2-1-3 音質控制電路.....	8
2-1-4 喇叭保護電路.....	10
2-2 硬體介紹.....	11
第三章 專題設計.....	13
3-1 專題架構圖.....	13
3-2 專題流程圖.....	14
3-3 甘特圖.....	15
第四章 專題成果.....	16
第五章 結論與建議.....	22
5-1 結論.....	22
5-2 建議.....	22
參考文獻.....	22
附錄.....	23
附錄一 設備清單.....	23
附錄二 材料清單.....	23
附錄三 成員簡歷.....	26
附錄四 成員工作分配圖.....	30

表目錄

表 1 甘特圖	15
表 2 參考文獻	22
表 3 設備清單	23
表 4 材料清單	23
表 5 成員簡歷	26
表 6 工作分配圖	30

圖目錄

圖 1 前級外觀.....	2
圖 2 後級外觀.....	3
圖 3 綜合擴大機.....	4
圖 4AV 擴大機.....	4
圖 5A 類放大工作點.....	5
圖 6 B 類放大工作點.....	6
圖 7A B 類放大工作點.....	6
圖 8 C 類放大工作點.....	7
圖 9D 類放大工作點.....	7
圖 10.....	8
圖 11.....	9
圖 12.....	9
圖 13.....	9
圖 14.....	9
圖 15.....	9
圖 16 喇叭保護器.....	10
圖 17 喇叭保護電路.....	10
圖 18 硬體整體外觀.....	11
圖 19 NE5532 內部.....	11
圖 20NE5532 外觀.....	11
圖 21 後級功率晶體.....	12
圖 22 架構圖.....	13
圖 23 流程圖.....	14
圖 24 調整高中低音理想波形圖.....	16
圖 25 音量衰減波形圖.....	17
圖 26 音量增益波形圖.....	17
圖 27 左聲道衰減波形圖.....	18
圖 28 左聲道增益波形圖.....	18
圖 29 低頻衰減波形圖.....	19
圖 30 低頻增益波形圖.....	19
圖 31 高頻衰減波形圖.....	20
圖 32 高頻增益波形圖.....	20
圖 33 中頻衰減波形圖.....	21
圖 34 中頻增益波形圖.....	21

第一章 前言 (概論/緒論)

1-1 專題製作目的及背景

(一) 背景:

近來人們對耳機與音響的要求越來越高,有時候總覺得高音、低音的部分聽起來不夠飽滿,好的音響價錢居高不下 最近也學了許多關於放大器的東西,實習課也有做,於是我們自己做一個適合自己的音響擴大機。

(二) 目的:

了解音響的工作原理,並用高二所學的 OPA 和其他電子元件製作前後級放大器,且可以根據自己喜好調高低音、大小聲和提升音質。

1-2 預期成果

兩聲道可以正常發聲,前級可以做高低音強調以及音量調整並且維持一定水準的音質,喇叭保護起可以正常運作,過濾直流

第二章 理論探討

2-1 理論介紹

2-1-1 擴大機的種類

一個最簡單的音響系統包括音源(如 CD player, Tuner...)、擴大機和喇叭,缺一不可,這幾件器材的 HI-FI 與否基本上決定了整個系統是否足夠 HI-FI,但器材足夠 HI-FI 並不能保證一定能發出靚聲,因為還要考慮喇叭的擺位與聆聽環境的佈置。在這裏我們不去談其他的只談擴大機。擴大機是放大電信號的裝置,由於各種信號源輸入的信號很弱,不足以推動揚聲器發聲,因此必須將這些很弱的信號進行放大。

擴大機的工作原理其實很簡單,簡單的說就是將音源播放的各種聲音信號進行放大以推動喇叭發出聲音。從技術角度看,擴大機好比一台電流的調節器,它將交流電轉變為直流電,然後接受音源播放的聲音信號控制,將不同大小的電流,按照不同的頻率傳輸給喇叭,這樣喇叭就發出相應大小、相應頻率的聲音了。由於考慮功率、阻抗、失真、動態以及不同的使用範圍和控制調節功能,不同的擴大機在內部的信號處理、線路設計、設計理念上也各不相同。傳統的擴大機經歷了幾十年的發展,一直沒有特別的分類,直到近年來隨著影音播放設備的發展和影視軟件的豐富,使得許多音響生產廠家在傳統擴大機的基礎上,參照真正電影院的聲音播放特點,設計生產出了不同類型、不同技術特點的 AV 擴大機,將單純用來欣賞音樂的擴大機稱為純音樂擴大機。按當前音響消費的需求,

一般家用音響中的擴大機已被分為兩大類，即純音樂擴大機和家庭電影院 AV 擴大機。

(一)前級擴大機

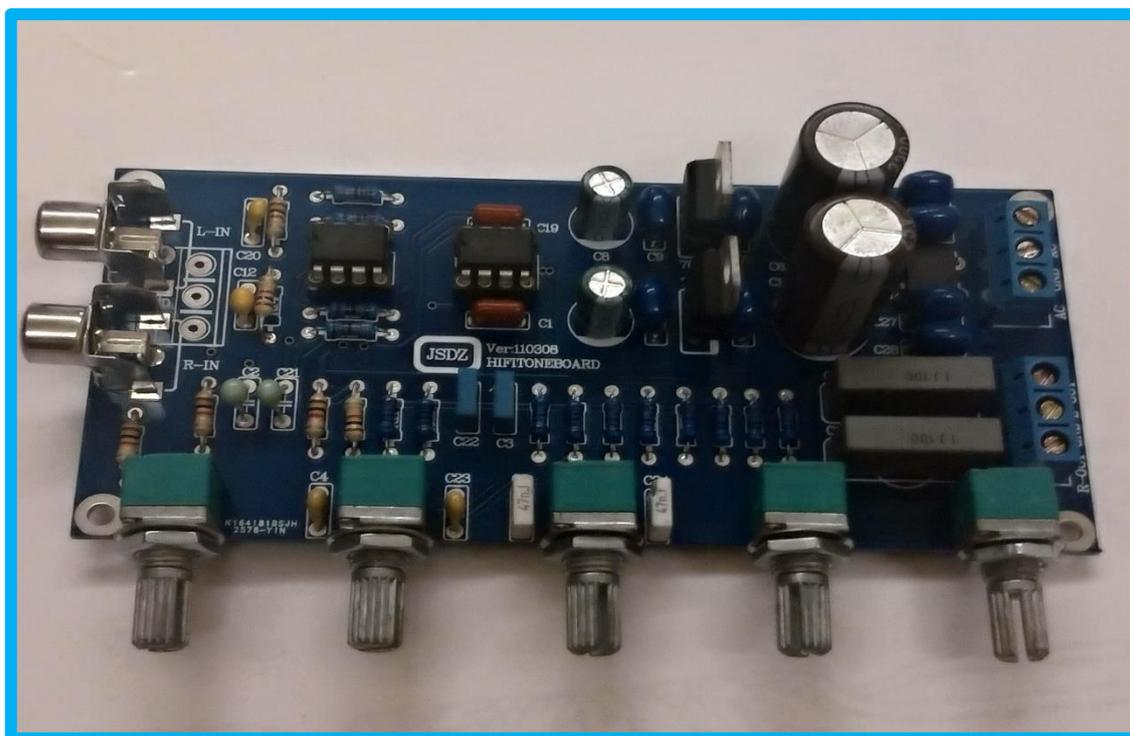


圖 1 前級外觀

簡單來說前級是一個“控制信號”的設備而不做功率放大，只作音源的修飾及調音量大小，我們平常所說的輸出功率是幾瓦，其實指的就是後級擴大機的出力大小，又稱「前置放大器」，通常設定的放大倍率為 10 倍，故也又稱「10 倍放大器」，人們簡稱為「前級」。

前級主要負責承受來自 CD、DVD 或 LP 唱盤、FM/AM 調諧器、錄音、手機等等的訊號，放大後去驅動負載，它的負載是後級擴大機。除放大訊號去驅動負載外，它還兼具阻抗變換功能。前級要承接許多訊源，這些訊源的阻抗極可能都不一致，送到前級就可以先做整合。

前級擴大機面板上也有多只旋鈕或搖頭開關，也常被稱做控制放大器前級的運作架構就是：輸入→訊號切換→左右平衡→音量控制→放大電路→靜音開關→輸出。

(二)後級擴大機

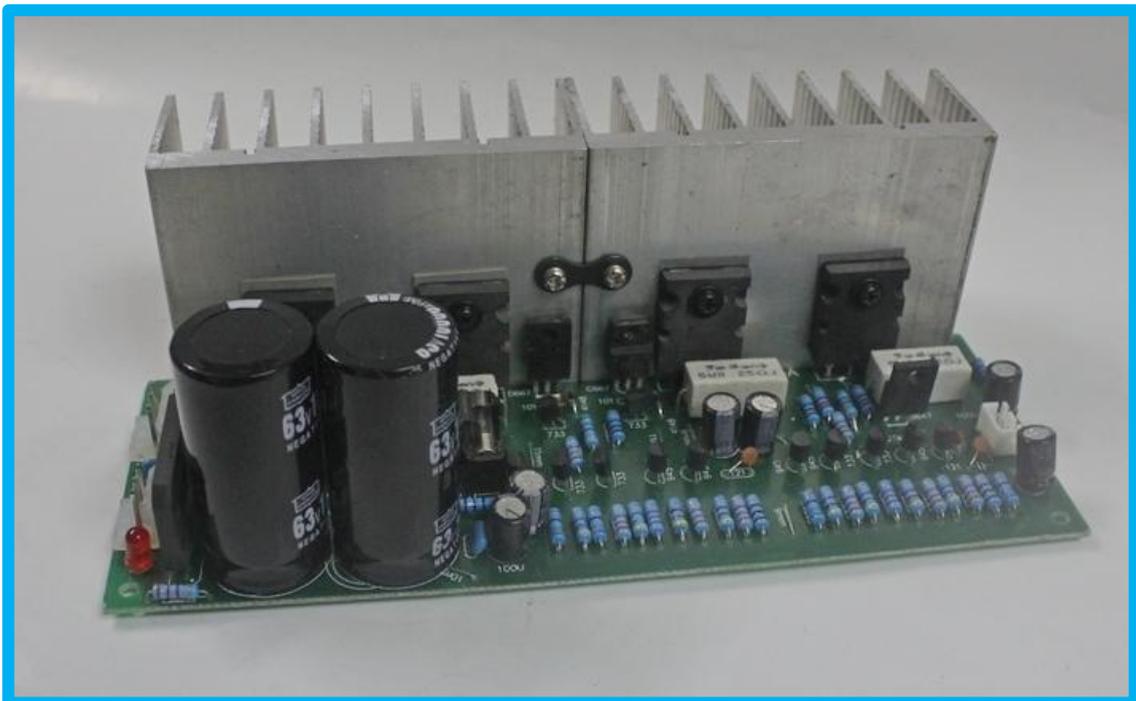


圖 2 後級外觀

又被稱為功率擴大器,如同前級擴大機,後級擴大機也是將輸入訊號放大至足以驅動負載。後級的輸入訊號很單純,就是承接前級的輸出。後級是前級的負載,是高阻抗負載;喇叭是後級的負載,是低阻抗負載。看起來差不多,只差一個字,但阻抗的一高一低卻造成「很容易推」或「推不動」現象,當前級接上高阻抗的後級,它主要提供適切的輸出電壓,因為後級擴大機的輸入阻抗很少低於 $10\text{K}\Omega$,有這種後級,但不多見,一般都是 $47\text{K}\Omega$ 左右。

當後級擴大機接上低阻抗的喇叭,它不但要提供適切的電壓,也要提供足夠的電流。除少數特例,目前喇叭阻抗很少高過 8Ω ,甚至還低於 4Ω 。而 $1\text{K}\Omega = 1000\Omega$,差異是不是很大?

所以Hi-End後級,不但講求大功率輸出,動輒數百瓦,每聲道獨立裝箱,還特別註明是大電流設計,當負載阻抗降低一半,輸出功率會提升至原來的兩倍。若是輸出電流能力不足,當負載阻抗降低時(某些喇叭在工作時,例如Dynaudio,它的阻抗會隨著訊號頻率降低而降低),若擴大機輸出電流不夠,就會產生切割—clipping)。

(三)綜合擴大機

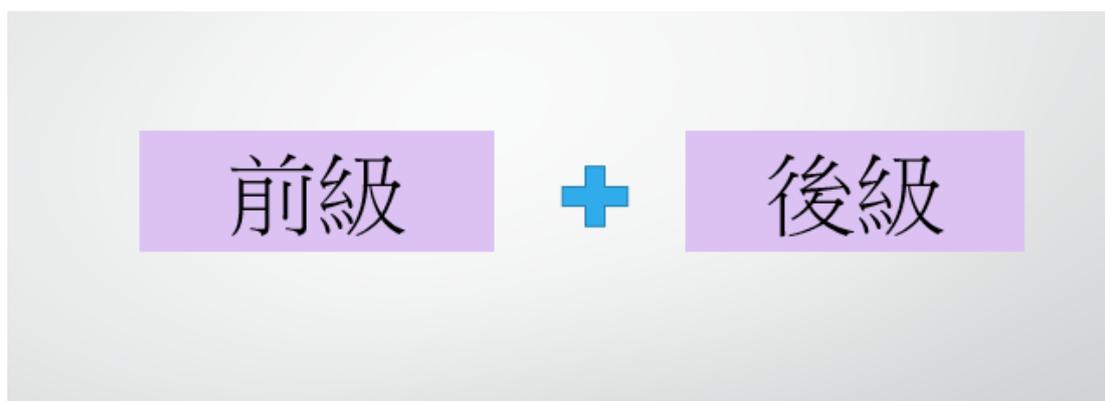


圖 3 綜合擴大機

下限低但上限不高。

優點是比分離式便宜簡單好入門。

缺點是聲現變數少,瓦數也不高,所以也有人拿綜合擴大機當前級另外再買一台後級來做主要的功率放大。

(四)家庭劇院環繞---AV 擴大機



圖 4AV 擴大機

AV 擴大機才是二十世紀末~二十一世紀音頻擴大機的主流,現今音響入門者已很少著眼於純聽音樂。

AV 擴大機為家庭影音的中樞,它主要功能是連接各種訊源,除最常用的影音播放機、還可以連接機上盒、遊戲機、攝影機/相機、手機/平板、電腦、衛星接收機,只要有影音訊號都能餵給它吃,影像部份它可以先幫你做影像調整再輸出給顯示器;聲音的話它可以幫你解碼,兩聲道可以變成多聲道,多聲道視不同規格進行解碼並依房間喇叭配置方式做最適當的輸出。影音訊號統一由擴大機來

做控制，透過 HDMI 的連控功能，可以連控其他器材的開關機甚至是播放控制。除能讓客廳的多聲道喇叭發聲，也可以控制其他房間的音響系統。

2-1-2 擴大機工作類別

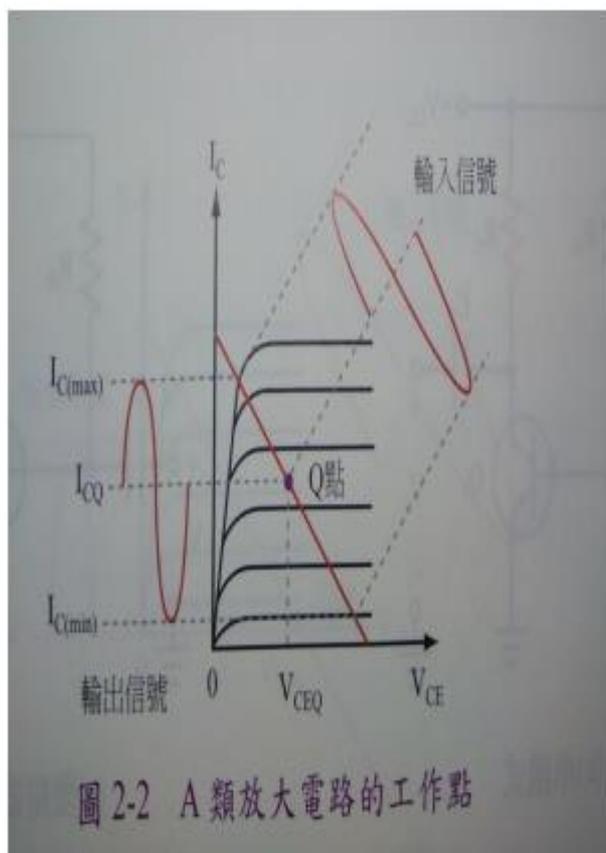


圖 5A 類放大工作點

入時，電流以最大的額度流動，所以在待機沒聽音樂時，卻是用電最兇的時候；即使在聽音樂時，所用的電也有 50% 變成熱量消耗掉，所以，一台 A 類放大器的用電量，絕不亞於一台冷氣機，而此 50% 的消耗熱能，就是讓真空管逐漸衰老的原兇。同時因為發熱量太大，所有零件長期工作於大電流、高溫下，容易引起穩定度和壽命方面的問題，假如是純 A 類真空管綜合擴大機，還有管子壽命及日後更換等問題。

A 類擴大機，這種放大器的功率輸出管，在輸入信號的整個周期內（包括正、負半周），處於導通狀態，也就是說，在放大器的輸出端，始終都有電流連續流動，亦即導通角為 360° ，靜態電流相當大，它的輸出晶體管（或電子管）工作點，設在其直流負載曲線的中心點，也就是其線性最好的部分，在規定的工作範圍內，幾乎沒有失真，也就是不存在“開關失真”和“交越失真”，因而是一種性能很好的放大電路。

優點：A 類擴大機的優點是，無“交越失真”和“開關失真”，而且諧波分量中主要是偶次諧波，在聽感上低音厚實、中音柔順溫暖、高音清晰利落、層次感好，十分討人喜歡。

缺點：輸出效率很低，理論值不超過百分之五十，且在一般情況下，音量越小，耗電越多，當機子在沒有信號輸

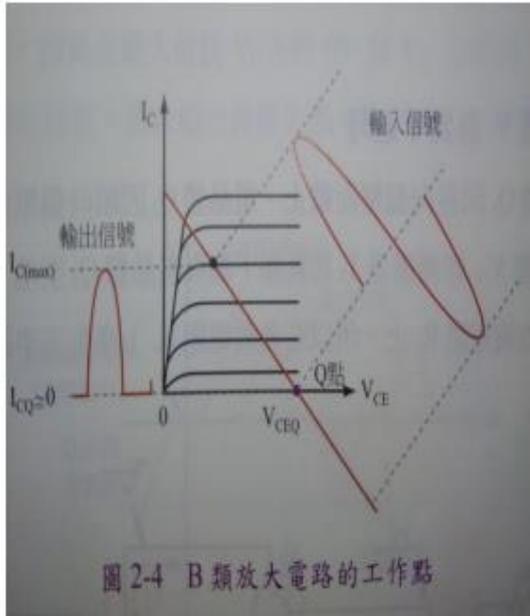


圖 6 B類放大工作點

優點：輸出功率大，效率高，可以達到百分之七十八，並且在小音量的時候耗電很少，在音樂沒播放時耗電最少。

缺點：失真比較大，尤其在”交越失真”和”開關失真”部份。另外，它很容易切割輸入信號。

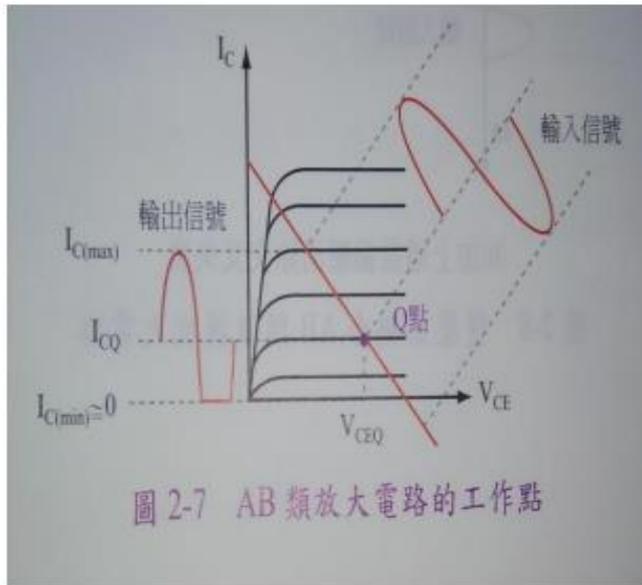


圖 7A B類放大工作點

優點：在音量不大時，是以A類放大的工作模式；因此，以一般的音量欣賞音樂時還是可以聽到《低音厚實、中音柔順溫暖、高音清晰利落、層次感好》的美聲，而且它幾乎沒有A類放大的缺點，包括耗電、溫度高……等缺點。它比甲類提高了小信號輸入時的效率，隨著輸出功率的增大，效率增高，雖然失真比甲類大，然而至今仍是應用最廣泛的晶體管功率放大器。

B類擴大機，是功率擴大機的一種類別。其放大的方式為，當有輸入信號時，一邊的輸出放大器（電晶體），放大音頻信號的正半部分，另一邊的輸出放大器則趨向截止；當另一邊放大器，在放大輸入信號的負半部分時，這一邊的輸出放大，也趨向截止。由於兩管輪流工作，必須採用推挽電路，才能放大整個完整的信號波形。通常應用於推挽電路設計的擴大機，當無輸入信號時，輸出放大器（晶體管或電子管）的輸出電流近似為零。

AB類擴大機。此種擴大機的工作模式，輸入信號在低電壓時，放大器是以甲類工作模式放大，當輸入信號電壓提高時，則轉為乙類工作模式。此類放大電路，一般還是採用推挽的工作模式，它的整個導通時間，大於半個周期，但不足一個周期，只有一小段時間被截止。這類放大器的工作點，介於甲類和乙類之間。

缺點：它雖可避免了”交越失真”，但是仍然存在”開關失真”，所以當音量太大時，仍然會產生信號切割。

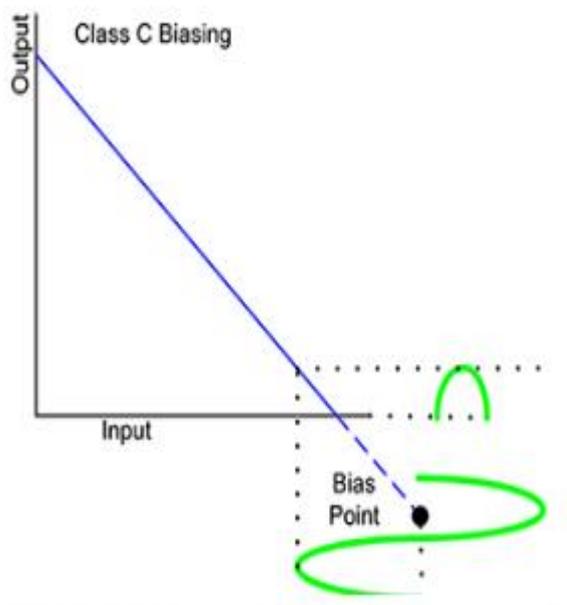


圖 8 C 類放大工作點

C 類放大的操作情況不適合聲頻放大電路上，這是由於此類放大器工作時，甚至在小於訊號週期的一半內傳導，因為這種放大器是無法精密地跟隨聲頻訊號的複雜波形，而將之再重現出來，這就意味著，若將它運用在聲頻上，就會使重播訊號產生整個的失真。若將 C 類放大運用在產生射頻能量的用途上，單單放大單一的頻率，而它反而能完美的達成任務，這是因為 C 類在射頻單一頻率放大時，其輸入和輸出端用 LC 諧振電路產生「振擺效應」，能將輸入訊號週期中失去的部份使其再生，況且它的效率很高，一般總在 65%~75% 之間，比 A 類及 B 類

更高，所以 C 類放大目前是廣泛地用在無線電射頻之中。

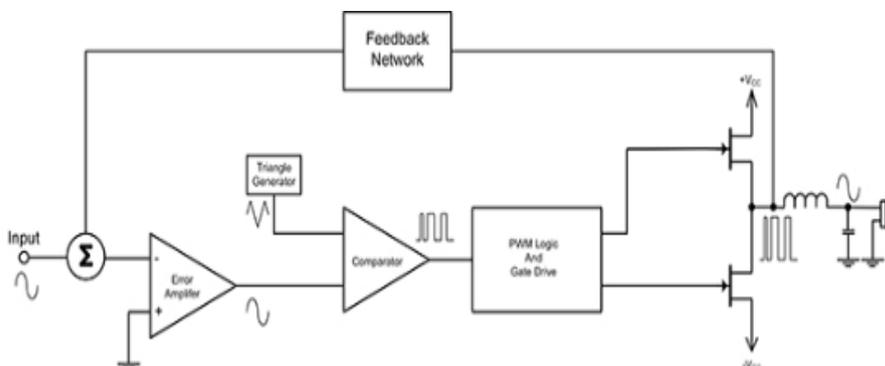


圖 9D 類放大工作點

D 類放大器有些地方並不像普通線性放大器完全使用聲頻線性放大用電晶體，而取代的是開關電晶體，因為

D 類放大器必須首先運用調變手續，然後再經解調過程，將原始訊號再生過來，即 D 類放大器利用脈衝寬度調變方式，將輸入的聲頻訊號轉換成一序列的高頻脈衝，而脈衝的寬度則為輸入聲頻訊號瞬間振幅的函數，即當訊號向正方向增大的時候，其調變器可以使脈衝寬度加寬，而當訊號趨向負方向時，它又可以將脈衝寬度變窄，因此最後產生了如圖 6 不同波寬的脈衝，然後將圖 6 的脈衝輸入開關式的功率放大器內，將不同波寬的脈衝放大後輸入解調器，解調器再將脈衝積分成具有和原輸入訊號相同的振幅特性，複製成原聲頻訊號的波形，最後的過程就是將高功率電平的訊號輸送至喇叭。由於 D 類放大器處理的訊號為一序列的窄脈衝，因此再生訊號波形的殘餘高頻部份並不影響聲音的重現，因此其

頻帶範圍也超過了聲頻部份。



圖 10

2-1-3 音質控制電路

一原理

音質控制器的型式大概可分為 RC 衰減型(如圖 7 所示)及 RC 負回授型。

RC 衰減型的音質控制電路其主要的優點，就是使用的零件較少，價格較為低廉。其主要的動作原理就是利用可變電阻組成一個電位器，藉著改變電阻的數值來控制信號的衰減量，然後加上電容器來選擇衰減的頻率，衰減量少就相當於提升了某一個頻段的信號，衰減量大就相當於衰減了某一個頻段的信號。由於 RC 衰減型的電路，並不需要擔任放大作用的主動元件，所以使用的元件少，製作上也沒有那麼複雜，而且沒有 RC 負回授型音控電路因為主動元件介入所產生的震盪問題。然而，由於 RC 衰減型的音控電路，是藉著控制某一個頻段的衰減量來改變整個電路的頻率響應，所以整個音控電路電阻器位於平坦位置時如圖 7 所示，仍然會產生一個固定的衰減量；而這個衰減量是音控電路的缺點之一。

圖 9 為低音控制電路，在高頻時電容 C 相當於短路，所以電路固定的衰減量就是 R_3/R_1+R_3 ，在低頻時電容器相當於斷路，此時電路的等效電路如圖 10，可變電阻調向上是提升低頻，其最大提升範圍是 $R_2+R_3/R_1+R_2+R_3$ ，可變電阻向下調適衰減低頻，其最大衰減範圍是 $R_3/R_1+R_2+R_3$ ，我們在實際製作時大多取高低音可調式耳機擴大器 $3 R_2 \gg R_1 \gg R_3$ (起碼五倍以上)，所以在最大提升與最大衰減時，電路的頻率響應曲線如圖 11 所示。

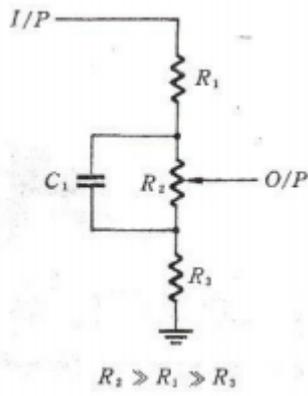


圖 11

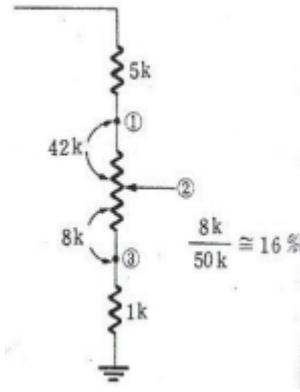


圖 12

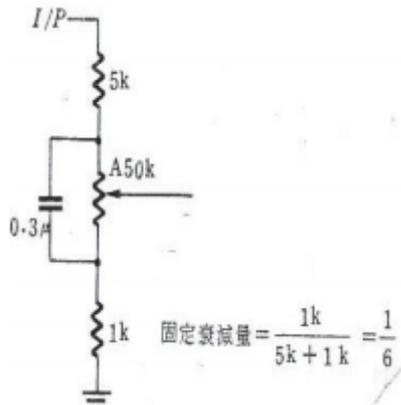


圖 14

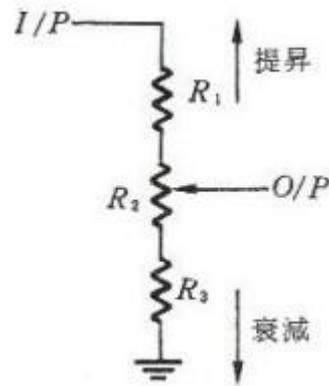


圖 13

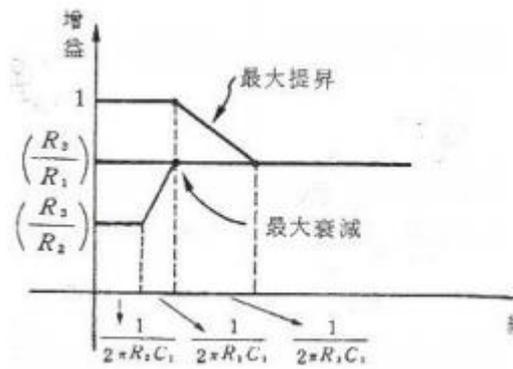


圖 15

2-1-4 喇叭保護電路



圖 16 喇叭保護器

"喇叭保護器"。在音響功放剛上電的時候，有的電流會非常大，直接衝擊喇叭會使得壽命降低。並且在斷電的時候由於"大水塘"的存在一直給功放供電，往往都會持續一段時間電路才停止工作。所以我們需要這樣一個保護電路。

電路的功能：開機延時啟動 關機瞬斷 中點直流保護！開機瞬間經過 R5 給 C5 充電 電容充電過程視為短路 所以此時 Q5 的 B 極為底電平 Q5、Q6 不工作當 C5 電壓升高到 R5 R6 分得的電壓值後 停止充電 此時 C5 視為斷路 Q5 Q6 導通繼電器工作 喇叭接通 起到延時啟動的作用 因此 調整 C5 的大小 可以調整開機延時時間。

斷電時，因為電容的容值比較小，電容很快就把電放光使得電路瞬間切斷喇叭的。

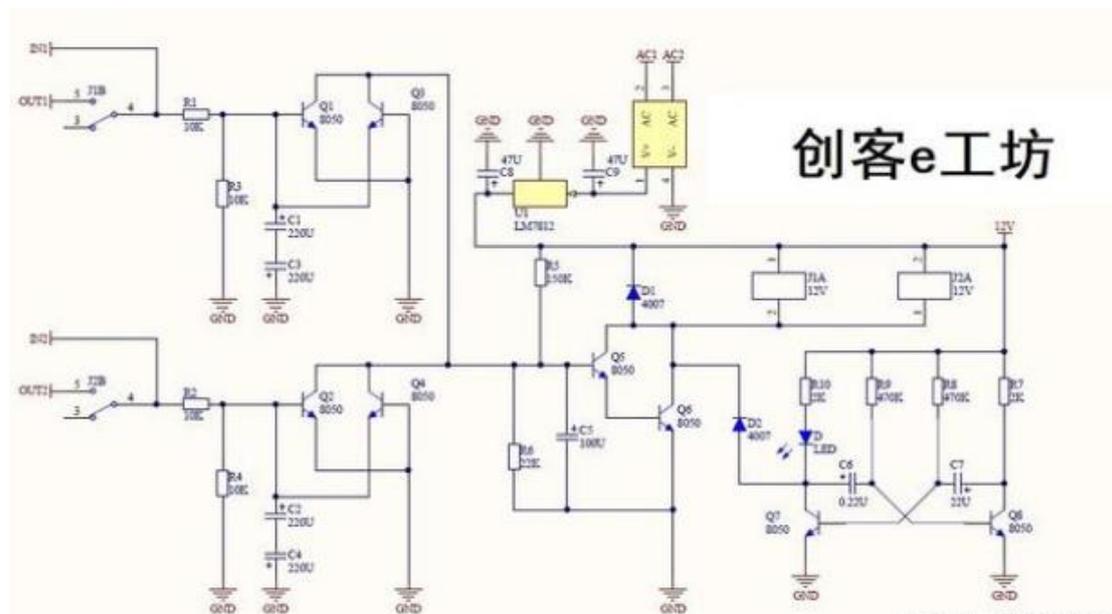


圖 17 喇叭保護電路

2-2 硬體介紹

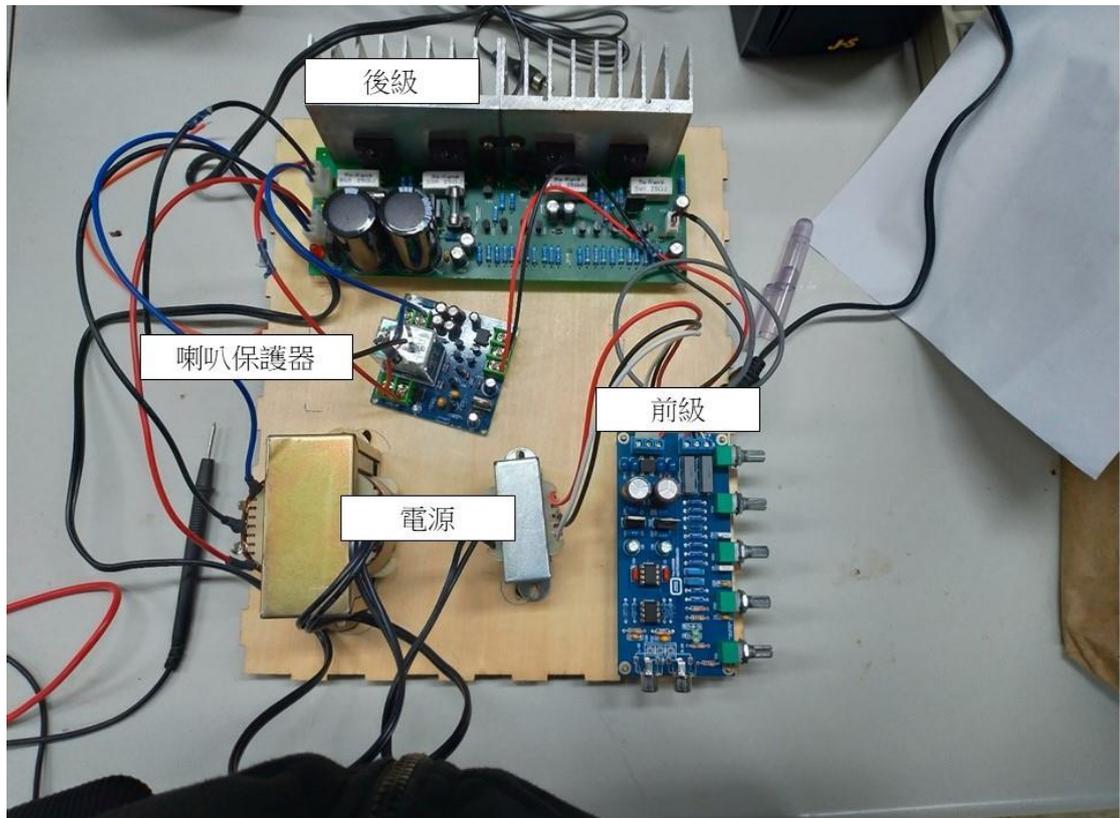


圖 18 硬體整體外觀

— OPA 放大器 --- NE5532

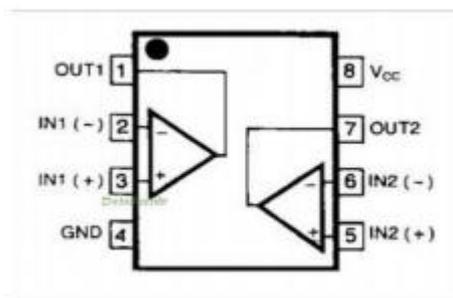


圖 19 NE5532 內部

Datasheet

電壓噪聲: $5 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ at 1kHz

單位增益頻寬: 10 MHz

迴轉率: $9 \text{ V}/\mu\text{s}$

工作溫度範圍: $-15\sim 150^\circ\text{C}$

輸入阻抗: $300\text{k } \Omega$

輸出阻抗: 0.3Ω

工作電壓範圍: $\pm 22\text{V}$ (但官方推薦 $\pm 15\sim \pm 5\text{V}$)

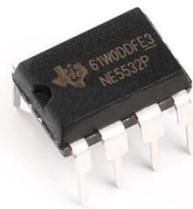


圖 20 NE5532 外觀

輸出峰對峰值: 26V

CMRR: 最小 70 一般 100 dB

工作電流: $\pm 10\text{mA}$

輸出短路電流: 最小 10 一般 38 最大 60mA

NE5532 是高性能低噪音雙運算放大器，其接腳圖如圖 2 所示。與很多運算放大器相似，最主要是它具有更好的抗雜訊能力，優良的輸出驅動能力及相當大的頻寬，電源電壓範圍較大等特點，因此很適合應用在高品質和專業音響設備、儀器、控制電路及電話通道放大器。用作音頻放大時音色溫暖、傳真度高，曾在 90 年代初期的音響界被譽為「運放之皇」，至今仍是很多音響界的玩家手中必備的運算放大器之一。

二 BJT 放大器—2SC5200/2SA1943



圖 21 後級功率晶體

Datasheet

電晶體類型:NPN

電壓-集極射極崩潰(最大):230V

電流-集極 (I_c)(最大):15A

功率:150W

最高頻率:30M Hz

工作溫度:150°C

DC 電流增益 (h_{FE})(最小值)@ I_c 、 V_{ce} :80
@ 1A、5V

2SC5200 具備體積小、重量輕、耐震動、壽命長，耗電小五大優點。此外，在功率放大器運用方面具有獨特的優勢：一、最高耐壓電壓達 230 V；二、適用於 100W 高保真音響放大器輸出；三、性能兼容 2SA1943，功能與 2SA1943 相輔相成。

第三章 專題設計

3-1 專題架構圖

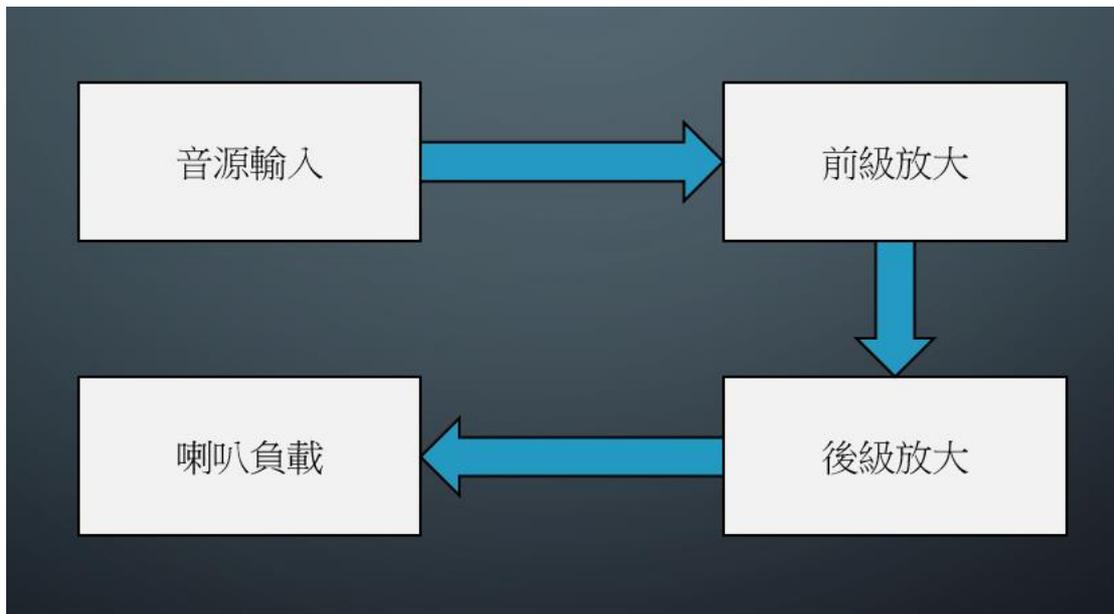


圖 22 架構圖

3-2 專題流程圖

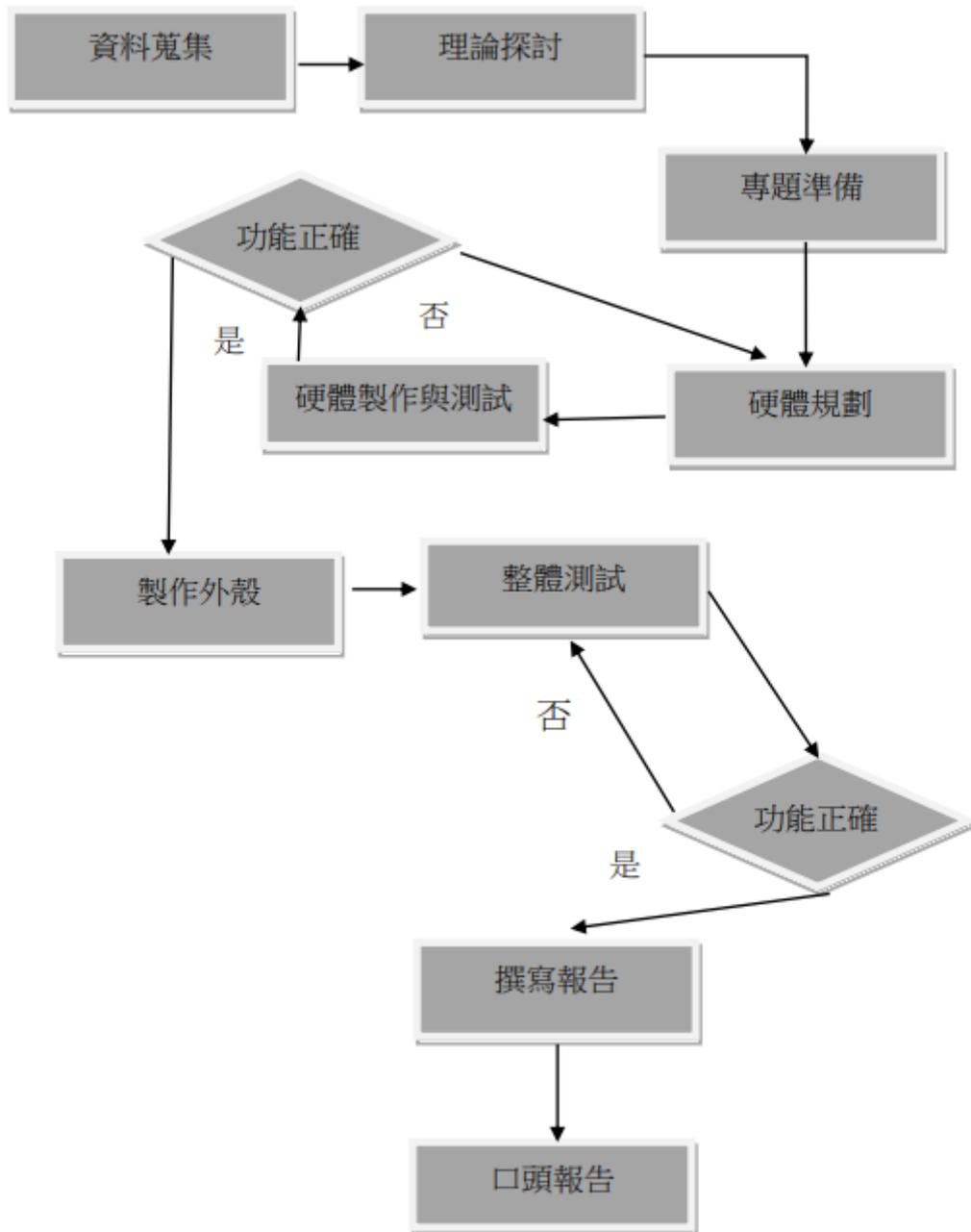


圖 23 流程圖

3-3 甘特圖

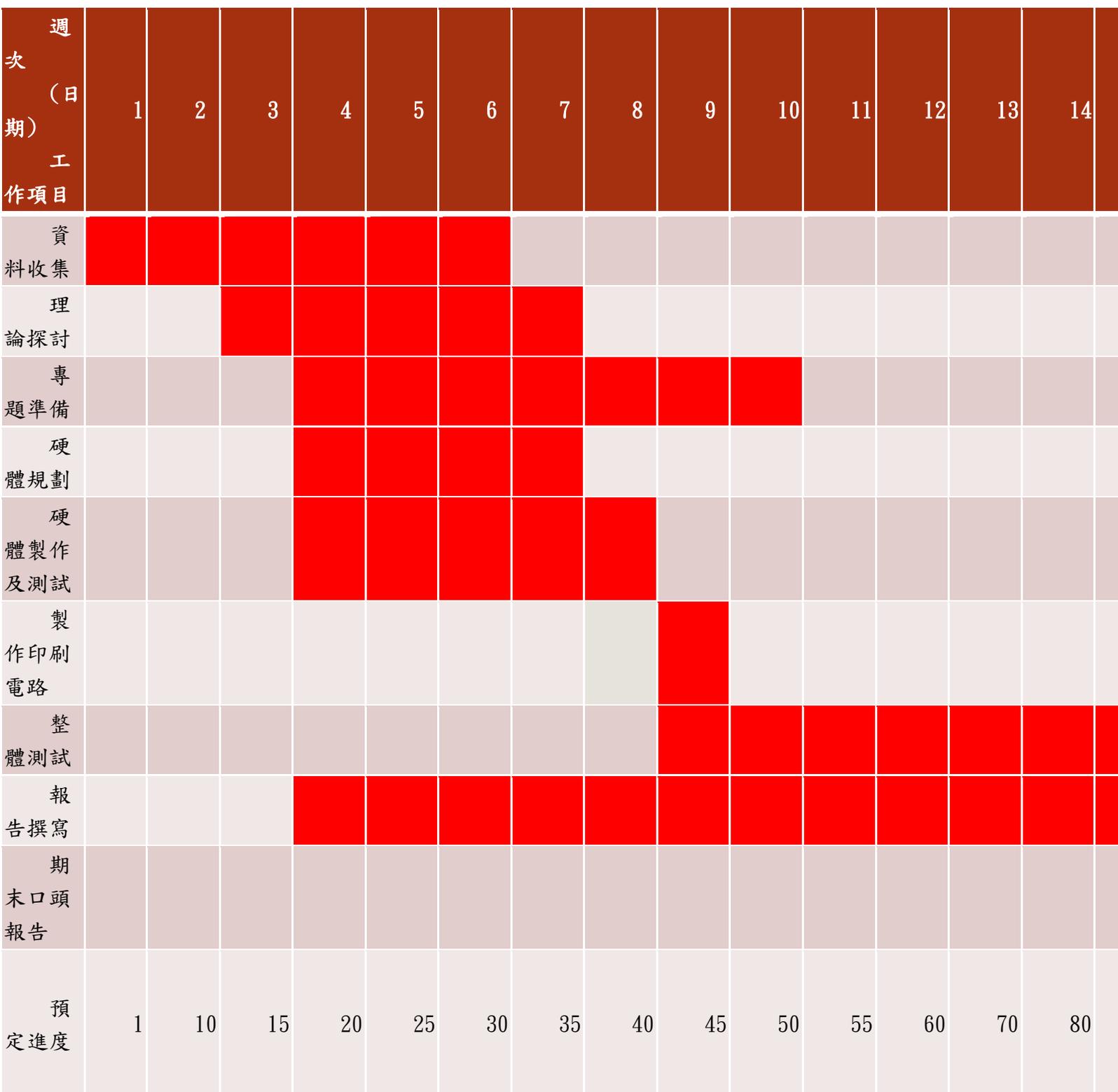


表 1 甘特圖

第四章 專題成果

- 調整高中低音理想波形

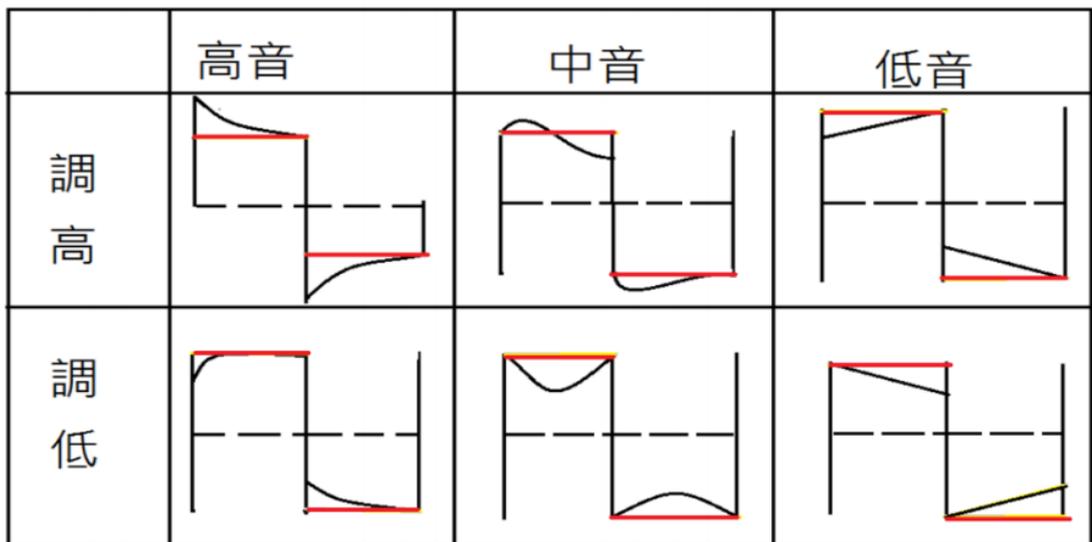


圖 24 調整高中低音理想波形圖

- 音量衰減

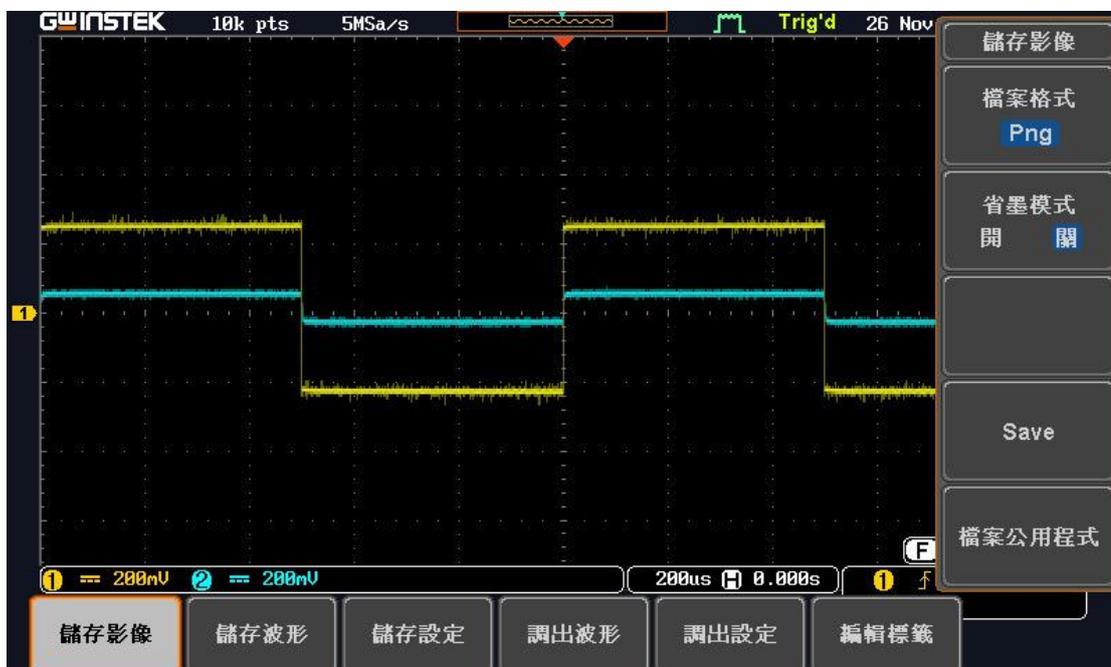


圖 25 音量衰減波形圖

- 音量增益

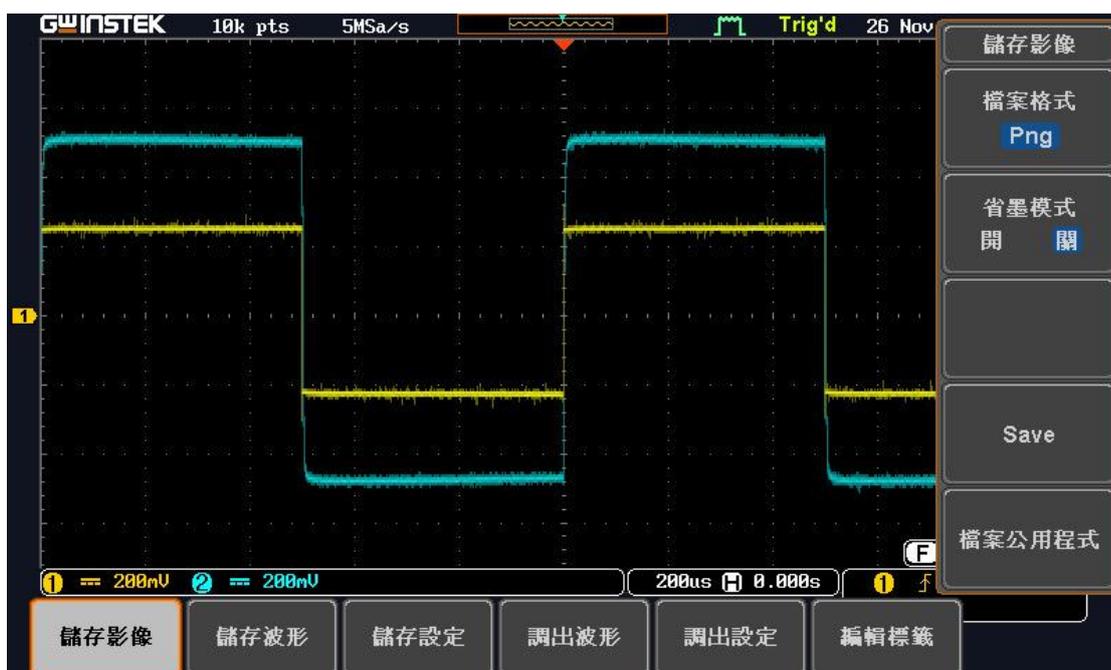


圖 26 音量增益波形圖

● 左聲道衰減

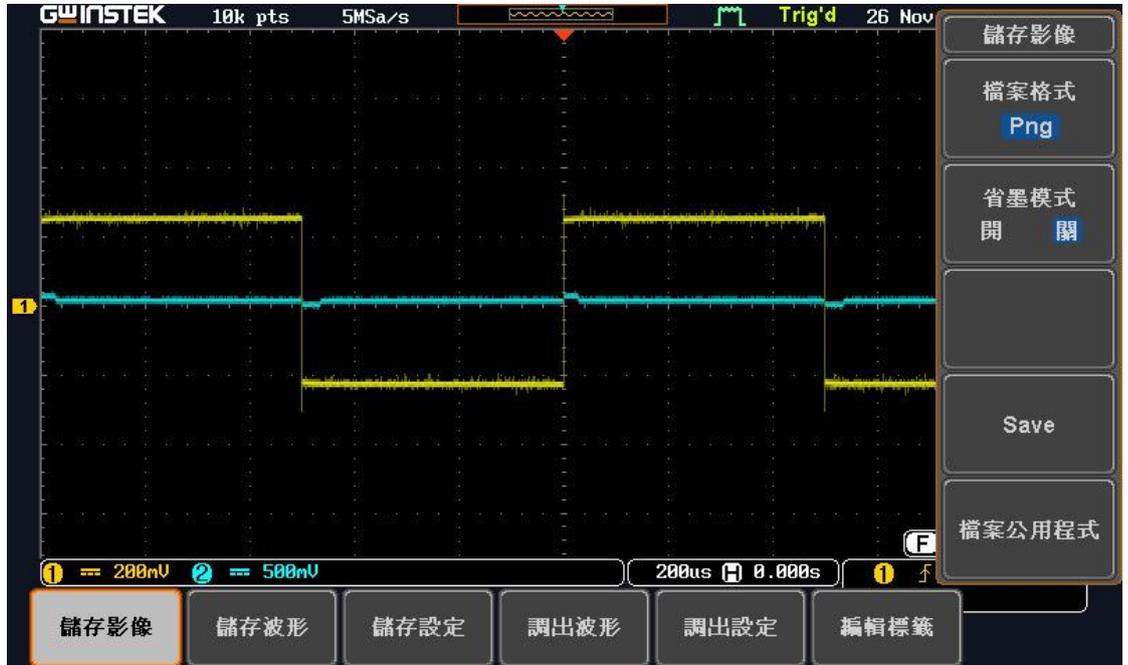


圖 27 左聲道衰減波形圖

● 左聲道增益

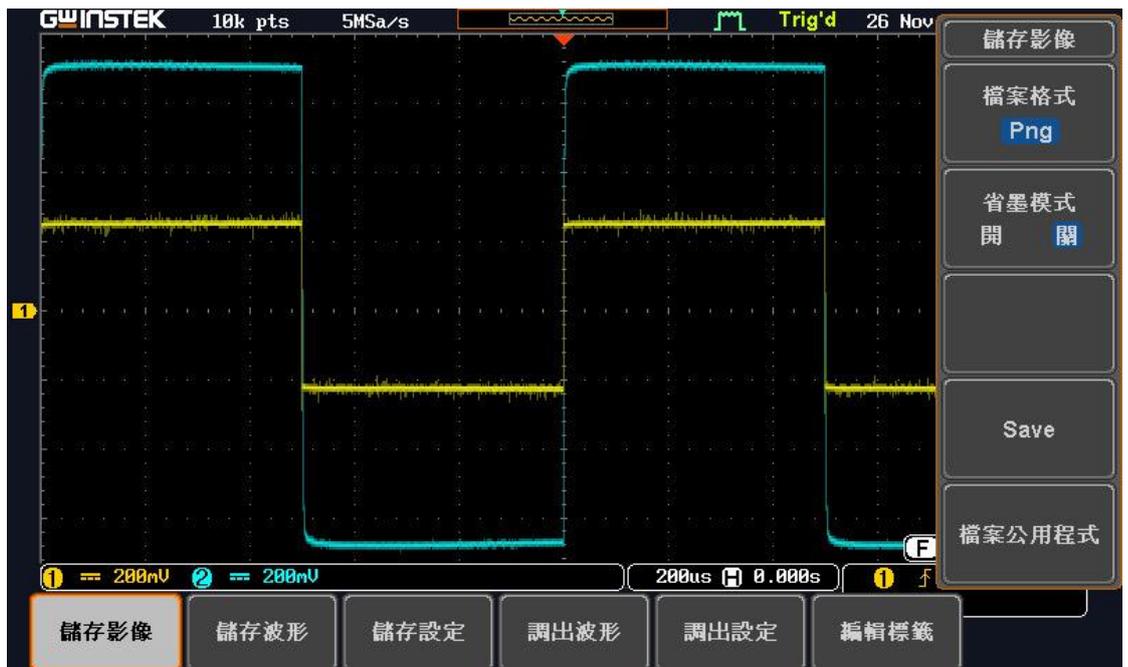


圖 28 左聲道增益波形圖

● 低頻衰減

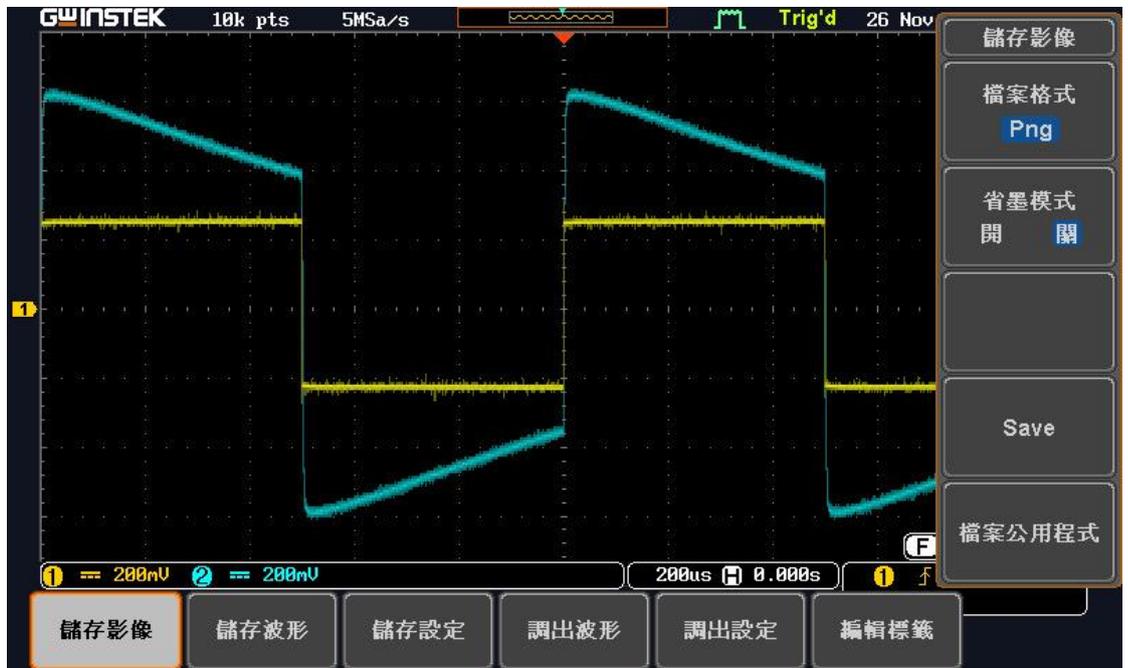


圖 29 低頻衰減波形圖

● 低頻增益

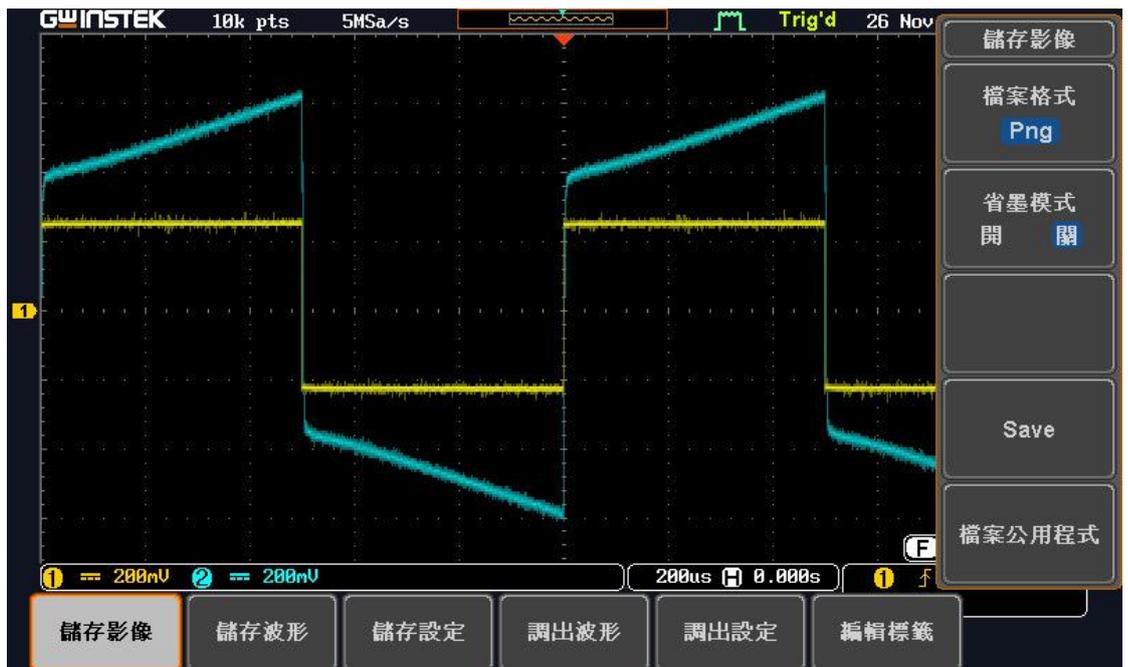


圖 30 低頻增益波形圖

● 高頻衰減

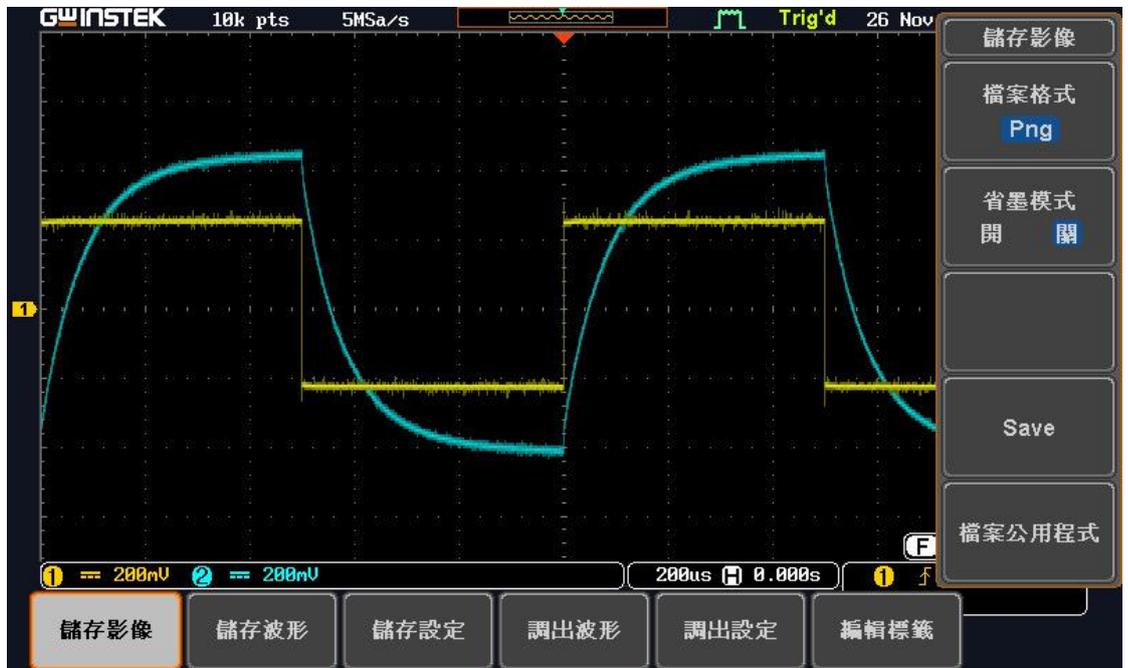


圖 31 高頻衰減波形圖

● 高頻增益

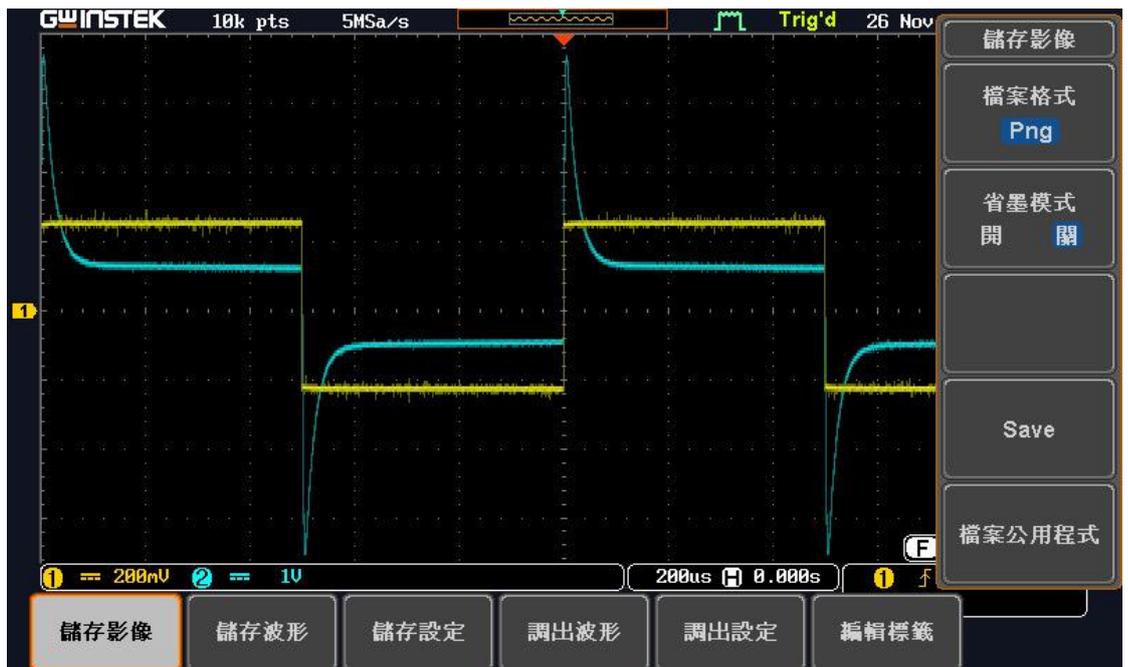


圖 32 高頻增益波形圖

● 中頻衰減

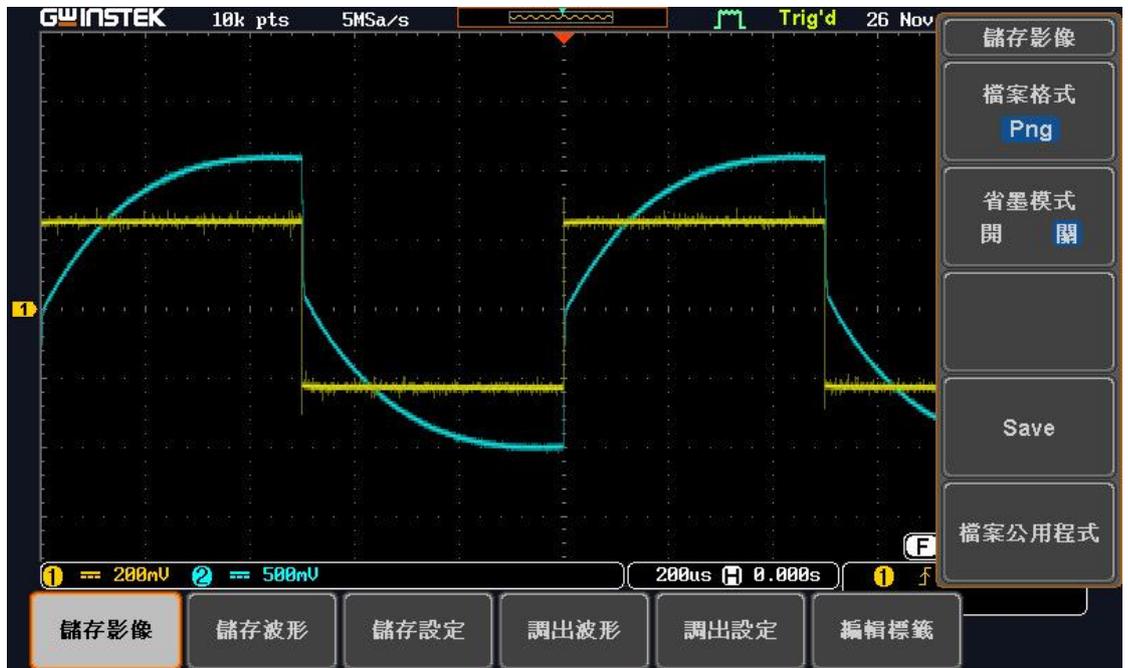


圖 33 中頻衰減波形圖

● 中頻增益

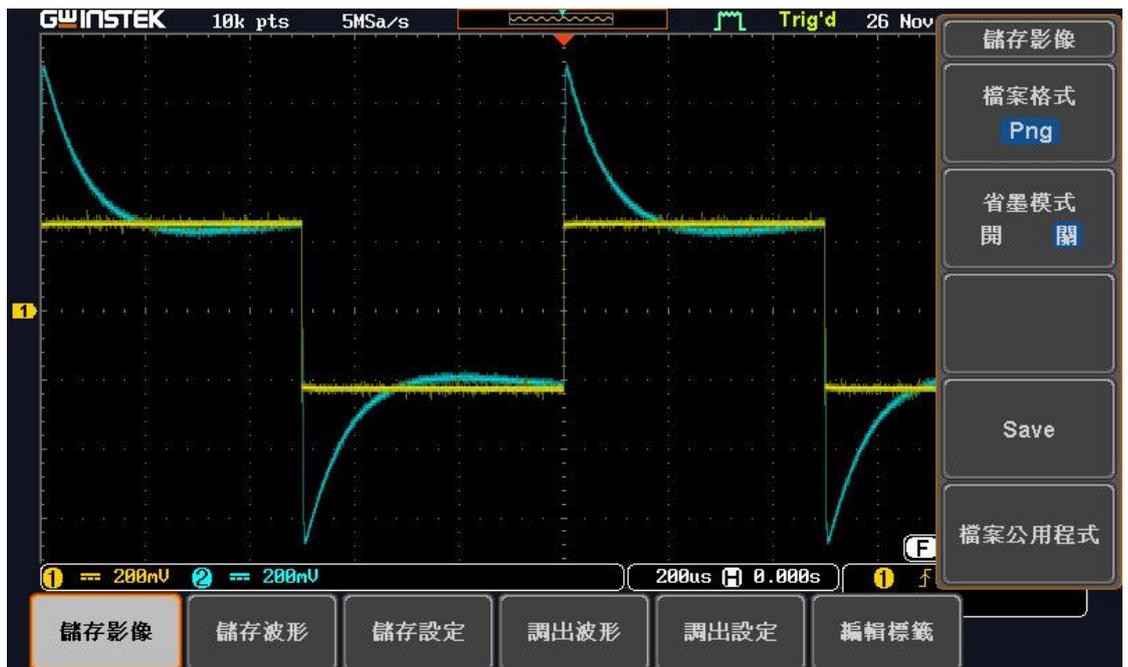


圖 34 中頻增益波形圖

◇ 黃線為輸入，藍線為輸出。

第五章 結論與建議

5-1 結論

經過這次的專題之後，我們報告的能力比第一次上台還要好得太多了，不管是台風還是內容，每次都有進步，我們也從中學到許多相關知識，不論是利用我們高一高二所學習的東西學以致用，做出來的電路，此外，我們自行找書組裝電路，還是電路之後出錯的檢修，我們從中學到許多經驗，雖然開學才開始做，但每次做專題大家都很用心做，效率很高，此外，我們也遇到不少問題，像是喇叭保護器電壓不夠、找不到符合的輸入傳輸線、音響的音質不夠好…等等，一一解決後的成就感很高，這個專題並非題目寫的那麼簡單。

5-2 建議

在做任何決定前一定要做足功課，不要照自己最原始的想法走寫想法可能一半是錯的，除非你本身就有在玩這類型的東西，不然真的不要隨意嘗試自己不確定的方案，你有可能會後悔。

參考文獻

表 2 參考文獻

搜尋名稱	作者	搜尋日期	網址
L7912C Datasheet	STMICRO ELECTRONICS	2019/11/19	https://www.jameco.com/Jameco/Products/ProdDS/889524.pdf
DB107 Datasheet	STMICRO ELECTRONICS	2019/11/19	https://www.diodes.com/assets/Datasheets/products_inactive_data/ds21211_R5.pdf
NE5532P Datasheet	STMICRO ELECTRONICS	2019/11/19	http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ne5532.pdf
A733 Datasheet	DISCLOSURE	2019/12/1	https://alltransistors.com/transistor.php?transistor=52893
C945 Datasheet	DISCLOSURE	2019/12/1	https://alltransistors.com/transistor.php?transistor=52898
音質控制電路概論	蘇桑	2019/12/15	https://subig1957.pixnet.net/blog/post/344749555
水泥電阻	大年君	2019/12/1	https://kknews.cc/news/x84v9zg.html

附錄

附錄一 設備清單

表 3 設備清單

類別	設備、軟體名稱	應用說明
3C	手機IOS & ANDROID	拍照錄影、查詢資料
3C	電腦WINDOWS10	查詢資料、讀取 USB
硬體	電源供應器	測試時供應電源
硬體	三用電表	量測電壓電流電阻元件是否損壞
硬體	示波器	測試時顯示波形
硬體	函數波信號產生器	測試時輸入函數波信號
軟體	WORD 2017	計劃書撰寫
軟體	POWER POINT 2017	製作簡報
工具	麵包板	測試、模擬電路
工具	烙鐵	變壓器接頭
工具	雷射切割機	切外殼
軟體	Spotify premium	音源

附錄二 材料清單

表 4 材料清單

類別名稱	材料名稱	單位	數量	應用說明	備註
電阻	10Ω	個	2		
水泥電阻	25Ω	個	4		
電阻	51Ω	個	2		
電阻	100Ω	個	3		
電阻	220Ω	個	4		
電阻	680Ω	個	4		
電阻	1KΩ	個	3		
電阻	1.2KΩ	個	2		
電阻	4.1KΩ	個	2		
電阻	4.7KΩ	個	5		
陶瓷電容	104	個	2		
陶瓷電容	121	個	2		
電解電容	10mF	個	2		
電解電容	220 μF	個	3		
電解電容	100 μF	個	3		
IC	NE5532	個	1		
銅柱	銅柱	個	8		
木板	椴木板	片	3		

IC	2SC5200	個	3		
IC	2SA1943	個	3		

附錄三 成員簡歷

表 5 成員簡歷

姓名	楊德修	班級	電子三乙	
曾修習專業科目	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基本電學與實習 2. 電子學與實習 3. 數位邏輯與實習 4. 微處理機與實習 5. 程式設計(Visual Basic, VHDL, Arduino, C) 6. 電腦繪圖(Altium Designer) 7. ARM 單晶片電路設計研習 			
參與專題工作項目	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蒐集資料 2. 理論探討 3. 計畫書製作 4. 外觀製作 5. 整體統整 6. 完成成品 7. 撰寫報告 8. 口頭報告 			
經歷簡介	<ol style="list-style-type: none"> 1. 106 學年工業電子丙級技術士 2. 106 衛生股長 3. 107 外掃幹事 4. 107 學年簡版急救技能訓練 5. 108 體育幹事 6. 106 班際籃球冠軍 			

姓名	張仕叡	班級	電子三乙	
曾修習專業科目	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基本電學與實習 2. 電子學與實習 3. 數位邏輯與實習 4. 微處理機與實習 5. 程式設計(Visual Basic, VHDL, Arduino, C) 6. 電腦繪圖(Altium Designer) 			
參與專題工作項目	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蒐集資料 2. 理論探討 3. 計畫書製作 4. 外觀製作 5. 整體統整 6. 完成成品 7. 撰寫報告 8. 口頭報告 			
經歷簡介	<ol style="list-style-type: none"> 1. 106學年工業電子丙級技術士 2. 106 學年擔任實習工場安全 3. 107學年簡版急救技能訓練 4. 108 學年輔導股長 			

姓名	黃稚翔	班級	電子三乙	
曾修習專業科目	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基本電學與實習 2. 電子學與實習 3. 數位邏輯與實習 4. 微處理機與實習 5. 程式設計(Visual Basic, VHDL, Arduino, C) 6. 電腦繪圖(Altium Designer) 			
參與專題工作項目	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蒐集資料 2. 理論探討 3. 計畫書製作 4. 外觀製作 5. 整體統整 6. 完成成品 7. 撰寫報告 8. 口頭報告 			
經歷簡介	<ol style="list-style-type: none"> 1. 106學年體育幹事 2. 106學年工業電子丙級技術士 3. 107學年簡版急救技能訓練 4. 107學年社聯會公關長 			

姓名	葉庭維	班級	電子三乙	
曾修習專業科目	<ol style="list-style-type: none"> 1. 基本電學與實習 2. 電子學與實習 3. 數位邏輯與實習 4. 微處理機與實習 5. 程式設計(Visual Basic, VHDL, Arduino, C) 6. 電腦繪圖(Altium Designer) 7. ARM 單晶片電路設計研習 			
參與專題工作項目	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蒐集資料 2. 理論探討 3. 計畫書製作 4. 外觀製作 5. 整體統整 6. 完成成品 7. 撰寫報告 8. 口頭報告 			
經歷簡介	<ol style="list-style-type: none"> 1. 106 學年內掃幹事 2. 106學年工業電子丙級技術士 3. 107 學年簡版急救技能訓練 4. 108 學年風紀股長 			

附錄四 成員工作分配圖



表 6 工作分配圖